

СТАТЬЯ

УДК 633.494(575.23)

**ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ УГЛЕВОДОВ В РАЗЛИЧНЫХ СОРТАХ
ТОПИНАМБУРА (*HELIANTUS TUBEROSUS* L.) В МАРГИНАЛЬНЫХ
ЗЕМЛЯХ ЧУЙСКОЙ ДОЛИНЫ КЫРГЫЗСТАНА**

Долотбаков А.К., Шалпыков К.Т.

*Институт химии и фитотехнологий Национальной академии наук Кыргызской республики,
Бишкек, e-mail: dolotbakov2012@mail.ru*

В статье представлены исследования, проведенные в маргинальных землях Чуйской долины Кыргызстана по фракционному составу углеводов шести сортов топинамбура. Исследовано содержание спирторастворимых и водорастворимых углеводов в клубнях различных сортов и в разные годы, авторы обратили внимание на тесную связь между этими двумя фракциями. Как правило, в клубнях, содержащих меньше инулина, было больше спирторастворимых сахаров, представленных преимущественно олигофруктозидами; при этом содержание моносахаридов мало изменялось и оставалось всегда на низком уровне. Аналогичные примеры можно привести и для других сортов: Ленинградский, Бланк и т.д. Наше внимание привлек ещё тот факт, что в клубнях, отобранных в более поздние сроки, например в ноябре, инулина было всегда меньше, чем в клубнях, выкопанных и проанализированных в более ранние сроки. Ввиду того, что растения топинамбура, особенно поздних сортов, продолжают вегетировать до осенних заморозков, клубни, достигшие полной зрелости, выкапываются обычно поздней осенью. Естественно было предположить, что в клубнях при пониженных температурах в конце вегетации усиливаются процессы, вызывающие гидролиз высокомолекулярных фруктозанов типа инулина, которые, как известно, более энергично протекают в период зимнего хранения. Вследствие этого зрелые клубни, взятые для анализа осенью, содержат уже меньше инулина, чем в более ранние сроки отбора.

Ключевые слова: сорт, топинамбур, углеводы, инулин, фруктозаны

**FRACTIONAL COMPOSITION OF CARBOHYDRATES IN DIFFERENT
VARIETIES OF TOPINAMBUR (*HELIANTUS TUBEROSUS* L.)
IN MARGINAL LANDS OF THE CHUY VALLEY OF KYRGYZSTAN**

Dolotbakov A.K., Shalpykov K.T.

*Institute of Chemistry and Phytotechnology, National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic,
Bishkek, e-mail: dolotbakov2012@mail.ru*

This article presents studies carried out in the marginal lands of the Chui valley of Kyrgyzstan on the fractional composition of carbohydrates of 6 varieties of topinambur (Jerusalem artichoke). The content of alcohol-soluble and water-soluble carbohydrates in tubers of various varieties and in different years, drew attention to the close relationship between these two fractions. As a rule, tubers containing less inulin had more alcohol-soluble sugars, represented mainly by oligofructosides; the content of monosaccharides changed little and always remained at a low level. Similar examples can be cited for other varieties – Leningradsky, Blank, etc. Our attention was also attracted by the fact that in tubers sampled at a later date, for example, in November, inulin was always less than in tubers dug and analyzed at an earlier date. Due to the fact that topinambur plants, especially of late varieties, continue to vegetate until autumn frosts, tubers that have reached full maturity are usually dug up in late autumn. It was natural to assume that in tubers at low temperatures at the end of the growing season, the processes that cause the hydrolysis of high-molecular fructazans of the inulin type are intensified, which, as is known, proceed more vigorously during the winter storage period. As a result, mature tubers taken for analysis in the fall already contain less inulin than in earlier selection periods.

Keywords: variety, topinambur, carbohydrates, inulin, fructosans

Для обеспечения населения полноценными и экологически чистыми продуктами питания, способными выполнять профилактические функции при различных заболеваниях, вовлекаются в промышленную переработку недоиспользуемые растения. С этой точки зрения значительный интерес в качестве перспективной технической культуры представляет топинамбур (*Heliantus tuberosus* L.). По мнению многих исследователей, данная культура привлекательна в экологическом плане в связи с устойчивостью ко многим болезням и вредителям,

что способствует получению здорового растительного сырья, необходимого для промышленной переработки. Для переработки используется как надземная, так и подземная часть (клубни) растения. По литературным данным химический состав клубней также зависит от места и условий выращивания, природно-климатических условий, сроков сбора урожая и от сортовых биологических особенностей топинамбура.

Земляная груша, или топинамбур, может давать богатый урожай подземной и надземной части (приблизительно 85–150 т/га).

Данная культура отличается и высокой экологической толерантностью и пластичностью, так как выращивание его возможно на маргинальных землях практически всего Кыргызстана, но в наших исследованиях мы остановились на бросовых землях Чуйской долины [1, 2].

В разные годы изучена продуктивность топинамбура в техногенно загрязненных почвах и почвах с тяжелыми металлами [3–5], а также его использование в качестве фитомелиоранта радиационно загрязненных почв [6]. Обоснован выбор ингредиентов для получения функциональных композитных смесей на основе порошка клубней топинамбура, животного белка и муки плодов боярышника [7]. Изучены клубни топинамбура и разработаны рецептуры пищевого батончика для лечебного питания детей, больных сахарным диабетом [8].

Результаты исследований, проведенных в Пятигорском медико-фармацевтическом институте – филиале ГБОУ ВПО ВолгГМУ Минздрава России, убедительно показывают, что топинамбур является ценным природным источником БАВ и перспективным сырьем для получения различных лечебных и профилактических средств [9].

Топинамбур характеризуется достаточно высокими питательными свойствами, необходимыми и для кормопроизводства. Высокие кормовые качества позволяют отнести его к числу перспективных кормовых растений [10].

В клубнях и зеленой массе топинамбура содержатся ценные компоненты биохимического характера – белков, углеводов, витаминов (аскорбиновой кислоты, каротиноидов, В) и минеральных веществ, необходимых для кормления животных и повышения их продуктивности. Перечисленные признаки позволяют отнести топинамбур к группе очень ценных и экономически выгодных сочных кормовых культур.

Изучена урожайность коллекционных образцов топинамбура (*Heliantus tuberosus* L.) в условиях Таджикистана [11].

До настоящего времени в Кыргызской республике интерес к топинамбуру был незначителен и отсутствовали районированные сорта.

Исходя из выше перечисленного нами были начаты исследования по биоэкологическим особенностям топинамбура в маргинальных землях Чуйской долины, где в низинных глосметрических отметках имеются значительные площади вторично засоленных земель (более 200 тыс. га). Ранее нами определены глюкофруктаны, выделенные из растительного сырья *H. tuberosus* сорта Киргизский белый, отно-

сятся к глюкофруктанам инулиновой структуры и состоят из D-фруктофуранозных остатков с β -(2 \rightarrow 1) гликозидными связями [12]. Изучен нами также водный режим различных сортов топинамбура [13].

Целью исследования является изучение фракционного состава углеводов в различных сортах топинамбура в маргинальных землях Чуйской долины Кыргызстана.

Материалы и методы исследования

Инулин получали из клубней топинамбура. Содержание инулина определяли по методу Ермакова с некоторыми модификациями.

Нами был определен углеводный состав (моно- и олигосахариды) по методу Д.Н. Оленникова, Л.М. Танхаевой [14]. Для этого сухие измельченные клубни растений экстрагировали 82%-ным этанолом и определяли до и после гидролиза содержание моно- и олигосахаридов, а также полисахаридов в гидролизатах водных экстрактов для одних и тех же навесок сырья.

У осенних клубней по зонам сумма фруктозанов изменялась незначительно (70,5–75,0% на сухой вес), но соотношение различных фракций заметно варьировало. Так, в наружном слое преобладали фруктозаны, растворимые в 60% спирте, в то время как в средней и центральной части – растворимые в 40% спирте. Количество фруктозанов, растворимых в 90%, 80% и 60% этаноле, возрастало в клубнях от центральной части к наружной. Содержание редуцирующих сахаров колебалось от 1,77% до 2,70%, а сахарозы – от 4,74% до 9,50% на сухой вес в целых клубнях, различных по величине.

Согласно номенклатуре олигосахаридов, они соответственно называются (фруктозил) 2 сахароза, (фруктозил) 3 сахароза и т.д.

Высшим гомологом этого ряда является инулин, при этом равняется 35. С помощью бумажной хроматографии отчетливо разделили около 15 фруктозанов, отличающихся по степени полимеризации фруктозы.

Фруктозаны по-разному растворяются в холодной воде и в спирте (этаноле), но хорошо растворимы и извлекаются горячей водой.

Результаты исследования и их обсуждение

Совместно с сотрудниками лаборатории химии и технологии растительных веществ нами проводятся исследования по фракционному составу различных сортов топинамбура, выращенных на заболоченных и засоленных почвах Чуйской долины Кыргызстана. Усилия многочисленных исследователей были направлены

на изучение инулина и сопутствующих фруктозанов топинамбура: выделение и их разделение, выяснение структуры и характера главных связей в цепи молекул различных фруктозанов. Но, несмотря на большое число работ, фруктозаны топинамбура долгое время оставались малоизученными. Применение новых методов исследования, в сочетании с высокой степенью очистки растительных экстрактов, позволило нам более тщательно изучить фруктозаны топинамбура.

Наблюдения, проводимые нами в разные по погодным условиям годы, показали, что фракционный состав углеводов различался по сортам и по годам (табл. 1). Так, содержание сухих веществ в клубнях топинамбура варьировало от 17,87% (Бланк, 2016 г.) до 28,60% (Салатный, 2015 г.). В целом в сухом и жарком 2015 г. практически все изученные нами сорта имели повышенное содержание сухих веществ в клубнях осенью, по сравнению с менее жарким 2016 г. Так, в 2016 г. эти показатели колебались от 17,87% до 21,73%, тогда как в 2015 г. – от 19,23 до 28,60%.

Сумма моносахаридов и олигосахаридов в зависимости от сортовых особенностей варьировала от 4,90% до 10,88%. Содержание инулина – от 4,30 до 9,79%. И при этом сумма углеводов достигала 1,79% (Салатный, 2015 г.).

Как видно из табл. 2, изученные сорта топинамбура в процессе перезимовки отличались по содержанию углеводов. Больше всего моносахаров имел сорт Интерес (5,2%), затем идут сорта Бланк, Салатный, Француз фиолетовый, Ленинградский (3,8–4,6%). Меньше всего – 0,12% – содержалось в сорте Находка. Содержание олигосахаридов в зависимости от сорта колебалось от 21,9% до 29,7%. Полисахаридов содержалось от 10,4% (Салатный) до 20,0% (Ленинградский). Пектиновых веществ имелось практически одинаковое количество (1,2–1,68%). В Казахстане выход пектиновых веществ в Карасайском районе составлял 17–18%, а в Мактааральском районе – 20% [15]. Разброс по гемицеллюлозе велик, по нему сорта отличались более чем в три раза: так, в сорте Ленинградский – 6,92%, а в сорте Француз Фиолетовый – 25,4%.

Таблица 1

Изменение содержания углеводов в клубнях различных сортов топинамбура осенью (% на сырой вес)

| Сорта | Годы | Сухие вещества | Моносахариды | Олигосахариды | Сумма | Инулин | Сумма углеводов |
|--------------------|------|----------------|--------------|---------------|-------|--------|-----------------|
| Француз фиолетовый | 2015 | 21,14 | 0,11 | 4,79 | 4,90 | 4,71 | 9,61 |
| | 2016 | 19,58 | 0,10 | 6,33 | 6,43 | 6,78 | 13,21 |
| Бланк | 2015 | 19,23 | 0,19 | 5,58 | 5,77 | 5,60 | 11,37 |
| | 2016 | 17,87 | 3,90 | 6,36 | 9,26 | 4,32 | 13,58 |
| Ленинградский | 2015 | 21,52 | 0,12 | 6,78 | 6,90 | 6,51 | 13,41 |
| | 2016 | 20,77 | 0,25 | 10,63 | 10,88 | 5,40 | 16,28 |
| Салатный | 2015 | 28,60 | 0,35 | 9,56 | 9,91 | 9,79 | 19,70 |
| | 2016 | 20,73 | 0,43 | 7,76 | 8,19 | 5,51 | 13,70 |
| Находка | 2015 | 27,40 | 0,12 | 6,07 | 6,19 | 9,13 | 15,32 |
| | 2016 | 21,42 | 0,39 | 8,42 | 8,81 | 5,62 | 14,43 |
| Интерес | 2015 | 21,74 | 0,05 | 5,00 | 5,05 | 8,82 | 13,87 |
| | 2016 | 19,51 | 0,72 | 9,95 | 10,67 | 4,30 | 14,97 |

Таблица 2

Содержание углеводов в клубнях топинамбура ранней весной, в %

| № п/п | Сорта | Моносахариды, % | Олигосахариды, % | Полисахариды, % | Пектиновые вещества, % | Гемицеллюлоза, % |
|-------|--------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------------|------------------|
| 1 | Бланк | 4,6 | 24,6 | 18,0 | 1,2 | 8,3 |
| 2 | Ленинградский | 3,8 | 21,9 | 20,0 | 1,54 | 6,92 |
| 3 | Интерес | 5,2 | 27,0 | 12,0 | 1,62 | 25,0 |
| 4 | Салатный | 4,0 | 29,7 | 10,4 | 1,68 | 11,0 |
| 5 | Находка | 0,12 | 29,2 | 19,6 | 1,31 | 10,9 |
| 6 | Француз фиолетовый | 4,0 | 23,0 | 14,8 | 1,5 | 25,4 |

Таблица 3

Содержание спирторастворимых углеводов в клубнях сортов топинамбура осенью
(% на сухой вес)

| Сорта | Годы наблюдений | Дата отбора | Спирторастворимые сахара | Инулин |
|--------------------|-----------------|-------------|--------------------------|--------|
| Француз фиолетовый | 2016 | X | 20,4 | 24,4 |
| | 2017 | XI | 28,4 | 28,6 |
| Бланк | 2016 | X | 32,2 | 22,8 |
| | 2017 | XI | 32,8 | 28,4 |
| Ленинградский | 2016 | X | 32,0 | 31,5 |
| | 2017 | XI | 25,3 | 31,5 |
| Салатный | 2016 | X | 35,4 | 24,6 |
| | 2017 | XI | 30,4 | 32,6 |
| Находка | 2016 | X | 30,8 | 28,6 |
| | 2017 | XI | 31,4 | 24,4 |
| Интерес | 2016 | X | 20,4 | 30,6 |
| | 2017 | XI | 23,0 | 24,3 |

Содержание спирторастворимых фруктозанов колебалось в клубнях различных сортов от 20,4% (Француз фиолетовый, Интерес, 2016 г.) до 32,8–35,4% (Бланк, 2017 г.; Салатный, 2016 г.) на сырой вес. В целом нами отмечалось высокое содержание инулина во всех изученными нами сортах топинамбура – от 22,8% (Бланк, 2016 г.) до 31,5–32,6% (Ленинградский, 2016 г.; Салатный, 2017 г.) (табл. 3).

Наряду с этим в клубнях, выращенных в 2016 г., меньше спирторастворимых сахаров, представленных преимущественно олигофруктозидами, чем в 2017 г. А сумма спирторастворимых и водорастворимых углеводов вместе взятых была выше в среднем на 1–3% (на сырой вес) в 2017 г., чем в 2016 г. То же отмечается и при выражении этих же данных в процентах на сухой вес (табл. 3).

Из приведённых данных следует, что содержание инулина в клубнях, выращенных в 2016 г., было больше, чем в 2017 г., особенно у сортов Интерес (30,6%), Находка (28,6%), Ленинградский (31,5%). Клубни остальных изученных сортов, выращенные в 2017 г., содержали меньше инулина, чем в 2016 г. Например, сорта Салатный (24,6%) и Бланк (22,8%). Следовательно, различия в содержании спирторастворимых и водорастворимых углеводов в клубнях зависят от наследственных особенностей сорта топинамбура и условий произрастания в конкретном году (температура воздуха, осадки, почва, полив, удобрения, густота стояния и др.).

Особенности погодных условий в разные годы вегетации оказывают значительное влияние на накопление и распределе-

ние углеводов – фруктозанов в клубнях рассматриваемых сортов топинамбура. На наш взгляд, большое значение имеет не общая сумма выпавших осадков и сумма температур воздуха (и почвы) за период вегетации, а их равномерное распределение в течение вегетации, особенно в периоды активного роста и развития растений, когда идет формирование урожая клубней и зеленой массы.

В результате исследований, проведенных в условиях Северного Кавказа (РСО-Алания), установлено, что в 2001 г. в клубнях топинамбура сорта Интерес инулина содержалось 17,91%, в 2002 г. – 17,09%, а в 2003 г. – 19,90%. В среднем же за 3 года содержание инулина в клубнях топинамбура было равно 18,30% [16]. В наших условиях содержание инулина в изученных сортах оказалось выше, по некоторым сортам даже на 50%, по сравнению с сортами, изученными на Северном Кавказе.

Заключение

Таким образом, наши исследования, проведенные в маргинальных землях Чуйской долины Кыргызстана, выявили, что показатели по фракционному составу углеводов существенно не расходятся с наблюдениями других авторов, изучавших биологические особенности топинамбура в условиях Нечернозёмной полосы Российской Федерации., Узбекистана, Таджикистана и Казахстана.

Рассматривая содержание спирторастворимых и водорастворимых углеводов в клубнях различных сортов и в разные годы, мы обратили внимание на тесную связь между этими двумя фракциями. Как пра-

вило, в клубнях, содержащих меньше инулина, было больше спирторастворимых сахаров, представленных преимущественно олигофруктозидами; при этом содержание моносахаридов мало изменялось и оставалось всегда на низком уровне. Аналогичные примеры можно привести и для других сортов – Ленинградского, Бланка и т.д. Наше внимание привлек ещё тот факт, что в клубнях, отобранных в более поздние сроки, например в ноябре, инулина было всегда меньше, чем в клубнях, выкопанных и проанализированных в более ранние сроки. Ввиду того, что растения топинамбура, особенно поздних сортов, продолжают вегетировать до осенних заморозков, клубни, достигшие полной зрелости, выкапываются обычно поздней осенью. Естественно было предположить, что в клубнях при пониженных температурах в конце вегетации усиливаются процессы, вызывающие гидролиз высокомолекулярных фруктозанов типа инулина, которые, как известно, более энергично протекают в период зимнего хранения. Вследствие этого зрелые клубни, взятые для анализа осенью (октябрь), содержат уже меньше инулина, чем в более ранние сроки отбора (сентябрь).

Список литературы

1. Пасько Н.М. Топинамбур на кормовые, технические, пищевые, лекарственные и экологические цели // Тез. докл. Третьей Всесоюзной науч.-производ. конф. Одесса, 1991. С. 9–15.
2. Светашов А.С., Шагохин Н.А., Дорофеев В.Н. Топинамбур – экологическая культура // Тез. докл. третьей Всесоюзной науч.-производ. конф. Одесса, 1991. 134 с.
3. Усанова З.И., Павлов М.Н. Продуктивность топинамбура при выращивании его на техногенно-загрязненных почвах // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=17107> (дата обращения: 25.05.2021).
4. Григорьев А.А., Бородихин А.С., Руденко О.В. Оценка влияния степени загрязнения почвы тяжелыми металлами на процесс вегетации топинамбура // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1–1. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=19418> (дата обращения: 25.05.2021).
5. Григорьев А.А., Бородихин А.С., Руденко О.В., Сова Ю.А. Постановка эксперимента по идентификации модели гипераккумуляции тяжелых металлов топинамбуром при фиторемедиации почв // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=10923> (дата обращения: 25.05.2021).
6. Громова В.С., Дмитриевская Т.А., Шенцова О.В. Принципы использования сельскохозяйственных культур в качестве фитомелиорантов радиационно-загрязненных почв // Фундаментальные исследования. 2006. № 5. С. 70–71.
7. Ясакова Ю.В., Курчаева Е.Е., Арепьев А.А. Продукты переработки топинамбура в составе функциональных композиций для мясных изделий // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 5–1. С. 193.
8. Рудницкая А.Д. Изучение клубней топинамбура и разработка рецептуры пищевого батончика для лечебного питания детей, больных сахарным диабетом // Международный школьный научный вестник. 2019. № 5–3. С. 277–285. [Электронный ресурс]. URL: <http://school-herald.ru/ru/article/view?id=1218> (дата обращения: 25.05.2021).
9. Зяблищева Н.С., Белоусова А.Л., Компанцев В.А., Кисиева М.Т. Возможности использования топинамбура в медицинских целях // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 3. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=13658> (дата обращения: 25.05.2021).
10. Аникиенко Т.И. Химический состав и питательность зеленой массы и клубней топинамбура в сравнении с другими культурами // Успехи современного естествознания. 2015. № 9–2. С. 278–282.
11. Партоев К., Сайдалиев Н.Х., Киру С.Д., Пасько Н.М. Урожайность коллекционных образцов топинамбура (*Heliantus tuberosus* L.) в условиях Таджикистана // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 12–9. С. 1674–1677.
12. Турдумамбетов К.Т., Ажибаева З.С., Бекмуратов З.Б., Доломбаков А.К. Глюкофруктаны растений *Heliantus tuberosus*, произрастающих в Кыргызстане // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2020. № 6. С. 67–71.
13. Доломбаков А.К. Интродукционное изучение топинамбура (*Heliantus tuberosus* L.) на заболоченных и засоленных участках Чуйской долины в целях улучшения продовольственной безопасности в Кыргызской республике // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 1. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=24091> (дата обращения: 25.05.2021).
14. Оленников Д.Н., Танхаева Л.М. Методика количественного определения суммарного содержания полифруктанов в корнях Лопуха (*Arctium Spp.*) // Химия растительного сырья. 2010. № 1. С. 115–120.
15. Изтелеу Б.М., Азимбаева Г.Н., Кудайбергенова Г.Н., Бутин Б.М. Исследование и идентификация пектиновых веществ выделенных из клубней топинамбура // Международный журнал экспериментального образования. 2016. № 3–2. С. 269–274.
16. Дзантиева Л.Б. Биоресурсный потенциал топинамбура сорта Интерес и Батата, интродуцированных в РСО-Алания: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владикавказ, 2006. 19 с.